

rearing container of larvae to the body length of pupae, standard deviation and per cent pupation in the course of mass culture of the common housefly, *Musca domestica vicina* Macquardt, using the modified Kitaoka's culture medium were discussed in the present paper. Seven kinds of containers having the diameters of 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10 cm were used for the experiment. Twenty-five grams of the powdered compressed diet (biscuit for the rearing of mouse, rat, hamster, etc.), 25 g of rice-bran and 50 cc of water per container were used for the rearing of 200, 300 and 400 individuals of larvae. Environmental condition was controlled at ca. 27°C and ca. 50% relative humidity. Three containers for each kind were prepared and the experiment was carried out following an experimental design of balanced incomplete blocks.

2. Excepting the value of standard deviation of body length of pupae obtained when 300 individuals of larvae were reared with the container having the diameter of 6 cm, the differences among the values of standard deviation of body length of pupae and per cent pupation

were not significant. Therefore, so far as we refer to the results of the present experiment it will be sufficient if we discuss only the values of the body length of pupae to determine the optimum diameter of container for the rearing of larvae.

3. In the case of the rearing of 200 individuals of larvae, the maximum value of the body length of pupae was obtained in the container having the diameter of 7 cm. But, in the case of 400 individuals of larvae, the maximum value was obtained in the container having the diameter of 6 cm. Optimum diameter of container shifts to the smaller side the increase of the population density of larvae. For the containers with larger and smaller diameters than 7 or 6 cm, the body length of pupae became smaller values. It is considered that the decreases in the side of the containers with larger diameters were due to the desiccation of culture media and the decreases in the side of the containers with smaller diameters were due to the decreases of culture media used by the larvae for their growing.

On the Relation between the Population Density of Larvae and the Body Length of Pupae in the Course of Mass Culture of the Common Housefly, *Musca domestica vicina* Macquardt, using the Modified Kitaoka's Culture Medium. Problems on the Breeding of Insects for Biological Assay of Insecticides. XXVII. Sumio NAGASAWA and Michiko KISHINO (Ohno Laboratory, Institute for Chemical Research, Kyoto University, Takatsuki, Osaka). Received Mar. 31, 1959. *Botyu-Kogaku*, 24, 67-72, 1959 (with English résumé, 72).

14. 北岡の培基の変法によるイエバエの大量飼育過程においてみられる幼虫棲息密度と蛹の長さの関係について 殺虫剤の生物試験用昆虫の飼育にかんする諸問題 第27報 長沢純夫・岸野見知子(京都大学 化学研究所 大野研究室) 34. 3. 31 受理

実験用小型動物の固型飼料 25 g とぬか 25 g, および水 50 cc からなる培基を, 直径 9 cm, 高さ 5 cm のシャーレにいれて, イエバエの幼虫を 126, 196, 283, 385, 502, 636 および 785 匹の 7 段階にわけて飼育し, えられた蛹の長さおよび蛹化率を, 殺虫剤の生物試験用昆虫飼育の見地から考察, 能率的な飼育をおこなうためには, 幼虫棲息密度は, 上記の飼育条件下においては大体 300 匹を限度とすべき結論をえた。

筆者ら⁵⁾は別に, 実験用小型動物の固型飼料と, ぬかを等量混合し, この 50 g と水 50 cc からなる培基を, 口径が 4 cm から順次に 1 cm ごとにその大きさをます, 都合 7 種類のガラス容器にいれて, 一定数のイエバエの幼虫を飼育し, えられた蛹の長さ, 飼育

容器の口径との関係を論じた。そして蛹の長さは, ある口径に達するまでは飼育容器の口径によってかわる生態密度で左右され, ある口径をすぎると培基にくわる乾燥によって影響されることをのべた。この度の実験は, 飼育容器と培基の量を一定にして, 投入個体

数をかえ、えられた蛹の長さと同棲密度の関係を究明したもので、直径 9cm の飼育容器にたいする最適幼虫棲息密度を決定しようとしたものである。本文にはいるにさきだち、研究上種々の御便宜をあたえられた大野稔教授に謝意を表する次第である。

実験材料および方法

この実験にもちいたイエバエ *Musca domestica vicina* Macquardt は、1946年に1対の雌雄から出発し、以後実験室において累代飼育をつづけて今日にいたる高槻系である。幼虫飼育のための培基は、粉状に磨砕したオリエンタル酵母株式会社製の、実験用小

動物の飼料 25g と、市販のぬか 25g および水 50cc よりなるもので、これを直径 9cm、高さ 5cm のシャーレにいれ、産卵された日からかぞえて2日目の幼虫を、126, 196, 283, 385, 502, 636 および 785 匹の7段階にわけてうつつて飼育した。実験中は金網蓋をかぶせ、温度約 27°C、関係湿度 50% の環境条件下においた。なおひとつの幼虫棲息密度について、4回のくりかえしがえられるような balanced incomplete blocks の実験計画のもとにこれをおこない、その結果を整理する方法をとった。蛹は産卵された日からかぞえて、おおよそ8日目にひろいあつめて、その長さを双眼顕微鏡に装填した、オキュラー・マイクロメーターによって測定した。

Table 1. Frequency distributions of length of pupae of the common housefly, *Musca domestica vicina* Macquardt, reared under the seven kinds of population densities of larvae (1958).

Date deposited eggs		7/X				9/X				11/X				13/X				15/X				17/X				19/X			
Date transferred larvae		9/X				11/X				13/X				15/X				17/X				19/X				21/X			
Population density		283	502	785	636	785	385	636	196	502	636	196	126	385	196	283	502	126	785	502	385	636	126	385	283	196	283	126	785
Class mark (1 unit = 0.098 mm)	40.5												1				1												2
	41.5													1			1												5
	42.5												1			1	1												7
	43.5				1			2				1					2		2		1								12
	44.5			5	1		5	1	4			6	13				1		3	5						1			10
	45.5			4	2		10		6			6	10						4	2		1							19
	46.5	1	2	11	8		7	2	7			3	14			1	7		12	5		4							37
	47.5	1	1	17	11		16	1	10			10	19		1	1	2	9	13	6	4	3				1	1	1	42
	48.5	1	6	35	14		29	3	20			18	28				6		16	9	4	3			2				33
	49.5		3	28	20		26	4	29			13	33	2		6	3	1	21	11	2	5			2				42
	50.5	4	5	29	7		28	3	22			21	26		6	1	3	10	20	17	6	12			2				32
	51.5	2	20	37	24		31	7	32			30	36	3		8	5	11	27	12	2	13				3	1		29
	52.5	5	17	51	27		44	7	31	1		36	33	1		18	2	10	33	28	8	22			2	4			28
	53.5	3	21	55	33		32	17	41	1		33	64	6		10	9	8	1	33	28	13	31		10	3	3	10	29
	54.5	6	21	46	26		40	17	41	1		34	47	3	4	32	4	8	1	34	18	14	33		3	10	4	3	11
	55.5	12	16	26	23		35	13	48	2		40	51	5		15	2	15	28	31	13	43		2	10	5	6	7	1
	56.5	9	25	17	24		23	24	35	3		26	32	3	1	24	8	8	3	14	27	21	40		1	9	7	10	17
	57.5	10	27	12	44		22	31	31	5		43	33	14	2	30	21	18	8	27	21	52		4	14	6	13	18	4
	58.5	16	26	2	30		15	20	31	6		35	29	13	8	36	14	15	4	1	18	31	64		1	29	8	17	10
	59.5	17	42		18		3	32	20	6		24	8	16	4	39	14	27	4	3	7	37	49		9	31	16	16	24
	60.5	25	26		6		1	26	7	17		11	4	13	8	37	8	31	2		4	15	31		2	27	12	15	18
	61.5	29	20		5		1	34	5	8		13		20	16	20	21	24	5		2	24	45		5	43	30	16	18
	62.5	33	9		1			35	5	16			1	12	14	14	19	23	15		21	27	10		46	21	18	18	14
	63.5	25	4					11	1	16		1		13	8	12	20	18	23		7	23		8	41	26	14	19	6
	64.5	7	1					7	1	13		1		15	11	3	12	16	14		1	5		9	12	31	29	10	19
	65.5	3						2		16				13	9	1	8	7	6				1	13	21	24	10	7	9
	66.5	1								18				14	8		3	4	5				4	9	10	26	4	2	4
	67.5									10				3	7		2	1	5				1	10	7	20	1	3	4
	68.5									7				3	11		1	1	2					6	6	8			
	69.5									7									4					8	3	5			4
	70.5											1	1						1					6	1	2			
	71.5																		1					1		3			
	72.5																									1			
Total		210	292	376	324	370	299	429	157	405	490	173	113	325	171	248	400	96	272	263	249	518	110	357	262	161	238	93	396

実験結果と考察

それぞれの培养基からえられた蛹の長さの、測定結果を表示すると、第1表のごとくである。なおここでしめした数値は、顕微鏡のよみのまゝの数値で、その1単位は 0.098mm である。

1. 蛹化時における培养基の状態： さきに北岡の培养基の変法によるイエバエの大量飼育の問題を実験用小型動物の固型飼料と、ぬかとの混合比の見地から実験考察し、等量混合を境にして、ぬかの量が多くなるにしたがって、培养基の乾燥がこれにくわり、飼育の成績は次第にわるくなることをあきらかにした。そして等量混合の培养基をふくめて固型飼料の混合比のたかいものにおいては、培养基全体が幼虫の発育に利用され、蛹化時に、上面が適当にかわきあがり、培养基として適当なものであることを外観の上から推定した。この時の幼虫数は 200 匹であったが、この幼虫の数をさらに増加していった場合、等量混合の培养基では、何匹ぐらいいいたって乾燥の影響があらわれて、適当なものでなくなるかをみると、300 匹をこえたあたりにおいて、上記の温度 27°C、関係湿度 50% の環境条件下では、蛹化時にしめった培养基がなくなり、それ以上の幼虫棲息密度においては、これが完全にかわきあがることをしりえた。なおこのたびの実験では、126 匹よりさらにひくい幼虫棲息密度においては、実験をおこなわな

かったので、それらの蛹化時における培养基の状態を云々することはできない。

2. 蛹の長さの比較： いままでのべた概念にしたがい、測定値の3乗変換をおこない、えられた正規分布曲線の中央値を算定して、実験日別、幼虫棲息密度の別にわけて表示すると、第2表上段、左部分にしめすような結果がえられる。一定の方法にしたがって第3表、第3、4列目の数値をへて計算された第4表第2列目の数値が、平均した相対蛹長である。just significant difference は 20.04 で、えられた相対蛹長相互の差には、相接したものの同志をのぞけば皆統計学上の有意性がみとめられ、幼虫の数が 126 匹から 785 匹の範囲内では、棲息密度は蛹の長さにたいして、かなりつよい影響をもたらしているものといえることができる。なお第3表の数値は、観測値の小数点をひとつくりあげたものの3乗値であるから、もとの観測値の単位になおし、これに 0.098mm をかけて実際の長さに換算し、これと、対数尺度にとった棲息密度との関係を図示すると、第1図の白丸にみるような幼虫棲息密度が、330 匹をこえたあたりをさかいにしてふたつのことになった直線関係がえられる。密度と体の大きさは、一般に逆比例関係をしめすことは、多くの研究者によって確認されており、この度の幼虫棲息密度が 126 から 785 匹の範囲内における実験結果もこれを変づけている。しかし幼虫の数が 330 あたりをさかいにして、さ

Table 2. Pupal length in cube of observed value $\times 1/10$ (1unit=0.098mm) and per cent pupation for each series.

Item discussed	Population density	9/X	11/X	13/X	15/X	17/X	19/X	21/X	V _s	W _s	Y _s
Pupal length	126			248.65		252.47	263.95	237.01	1002.08	21.42	1002.84
	196		253.69	226.90	217.27			216.74	914.60	519.42	933.12
	283	219.90			209.51		248.59	206.98	884.98	-166.56	879.04
	385		198.33		188.04	193.49	227.18		807.04	-399.12	792.81
	502	183.08		159.35	178.12	156.24			676.79	381.21	690.38
	636	160.00	154.70	145.62			188.15		648.47	-562.47	628.42
	785	138.90	142.99			139.32		128.83	550.04	206.10	557.39
	T _s	701.88	749.71	780.52	792.94	741.52	927.87	789.56	5484.00	0.00	5484.00
Per cent pupation	126			89.7		76.2	87.3	73.8	327.0	-123.0	321.9
	196		80.1	88.3	87.2			82.1	337.7	-267.3	326.7
	283	71.7			87.6		92.6	84.1	336.0	-120.0	331.1
	385		77.7		84.4	64.7	92.7		319.5	-56.7	317.2
	502	58.2		80.7	79.7	52.4			271.0	169.8	278.0
	636	50.9	67.5	77.0			81.4		276.8	-170.4	269.8
	785	47.9	47.1			34.6		50.4	180.0	567.6	203.3
	T _s	228.7	272.4	335.7	338.9	227.9	354.0	290.4	2048.0	0.0	2048.0

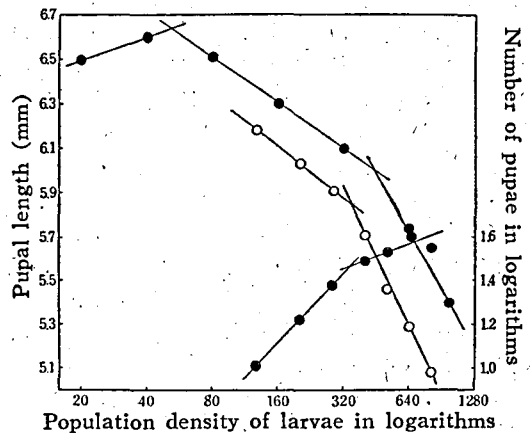
Table 3. Analysis of variance for separating variation between days from remainder.

Variation due to	Degrees of freedom	Pupal length		Per cent pupation	
		Sum of squares	Mean square	Sum of squares	Mean square
Population densities, ignoring days, from V_s	6	39985.10232		4804.87357	
Days, exclusive of population densities, from W_s	6	3815.34022	635.89004	1921.55214	320.25869
Error within days and population densities	7	1118.73943	159.81992	306.40286	43.77184
Total	19	44919.18197		7032.82857	

Table 4. Relative pupal length in cube of observed value $\times 1/10$ (1 unit = 0.098 mm) and per cent pupation of the common housefly, *Musca domestica vicina* Macquardt, reared under the seven kinds of population densities of larvae, corrected for differences between days. Significant difference in $n = 15$ and $P_r = 0.05$.

Population density	Pupal length	Per cent pupation
126	250.71	80.5
196	233.28	81.7
283	219.76	82.8
385	198.20	79.3
502	172.60	69.5
636	157.11	67.5
785	139.35	50.8
Significant difference	20.04	10.6

らに高密度となったものの蛹の長さの減少のしかたは急激である。このことについては前項で、蛹化時における培基の状態を外観的に観察した事実、すなわち幼虫棲息密度が300匹をこえたあたりから培基が完全にかわきあがり、幼虫の發育にも、また蛹化にも好結果をもたらさないという結果のあらわれではなからうか。筆者らの実験の126匹から300匹をすこしこえたあたりまでの範囲における蛹長の減少は、幼虫の發育または蛹化に好適な培基のなかにあって、ただ幼虫数の増加に基因する、すなわち密度効果のあらわれであると解釈し、さらに高密度にうつてからの蛹長の減少は、培基の乾燥がこれにくわって、良結果をもたらさないことによっているものと解釈されよう。さきに長沢⁹⁾は、豆腐粕培基をもちいて、この度の実験とまったくおなじ実験をおこない、幼虫の棲息密度が300匹ぐらいまでは、急激に蛹の長さは小さくなるが、それよりも高い密度では、ほとんど一定になってしまつて変化をしめさない事実をしるしているが、北岡の



Population density of larvae in logarithms

Fig 1. Relations of the population densities of larvae in logarithms to the pupal length (—○— the present data, —●— Kitaoka's data) and the mean number of pupae in logarithms (—●—).

培基の変法による飼育においては、この蛹長の大体一定になる幼虫棲息密度は、どのあたりにあるかはこの度の実験の範囲内では推定することはできない。栄養的要因の欠乏を通じて蛹皮の tanning の過程に影響をうけた結果とかがえられている高密度区における蛹の淡色体は385、あるいは502匹区あたりからあらわれ、785匹区ではほとんどすべての個体が淡色をしめした。ところで第1図にしめした黒丸と実線の関係は、北岡⁹⁾の論著にしめされた図について、おおよその数値を推定し、これを転載したものである。これを見ると、筆者のえた蛹の長さは、北岡のそれに比べていずれの幼虫棲息密度区においても、相対的にひとしい割合をもって小型である。相対的に蛹の小型であるというこのことは、北岡が実験をおこなった際の飼育の環境条件が良好であったか、また筆者がもちいたぬかよりも、北岡のもちいたふすまの方が、生育により好適であった結果にもとづくものかどうかは判定しがたい。ところで北岡は、幼虫の数が50匹ぐらいの

密度をさかいいして、さらに低密度にうつると今度は逆に、その蛹長は減少している事実をたいして、イエバエと培养基中の他の生物群集との相互作用は複雑であること、そして培养基の質的変化をもたらすほかに、その物理的条件にもいちじるしい影響をあたえること、幼虫密度が高い場合は、培养基中のカビの繁殖は阻止されるが、低密度の場合、それが繁殖しかつ培养基の固化がみられ、幼虫の貫入を不可能とし、利用空間が制限されること、乃至は好適環境の選択を不可能にすることの結果であると説明している。こうした事実は、すでにショウジョウバエについて Allee¹⁾、森²⁾ がのべており、Allee はこの現象のおこる原因として、密度があまり小さいと yeast または bacteria による harmful elements の増大が制御されないし、密度が大きいと食物となる植物の成長をおさえすぎるということをあげている。すなわち幼虫棲息密度が50匹あたりから下は、harmful elements の増大がいちじるしいために、幼虫の発育が抑制されたものと解釈すべきであろう。このことから蛹の最大長は、両者の交点、すなわち幼虫の密度が50匹あたりにおいてえられるものと推定される。筆者の実験結果の126匹よりひくい幼虫密度においてえられた結果が、北岡のそれと相対的にひとしい関係にあるものと仮定して、両者の関係を想定すると、蛹のもっとも大きいものは、やはり50匹あたりにおいてえられるもののようである。なおショウジョウバエのごとく、綿栓をほどこす瓶飼育においては、高密度にうつっても、培养基が乾燥するということはありえないから、このためにおこる体長の減少という相はなく、このたびの実験の結果とはことなった相互関係をしめすであろうと想像される。

3. 蛹化率： 前項において平均蛹長のもっとも大きいものは、かなり低密度においてえられるであろうことが推定された。しかし生物試験用昆虫飼育の見地からは、さらに高い蛹化率、羽化率のえられる、すなわちもっとも能率のよい飼育のおこなわれることがのぞましい。すなわち発育に好適な培养基の範囲内で、もっとも高い蛹化率羽化率のえられる点をさがすことが大切である。そこで第1表の最下段に示した全測定蛹数から蛹化率を算定し、実験日別、幼虫棲息密度別にわけて表示すると、第2表下段左半分に示すような結果がえられる。一定の方法にしたがって第3表第5、6列目の数値をへて計算された第4表第3列目の数値が、平均した相対蛹化率である。蛹化率は385匹区をさかいいして、高密度側において急激に減じ、785匹区においては50%にちかい数値をしめした。just significant difference は10.6で低密度側の蛹化率相互の間には、有意の差は見出せない。高い蛹化率をし

いて言うならば、283匹区の82.8%である。北岡の実験結果は、640匹区で83.9%である。ところで北岡は、幼虫個体密度と蛹化個体数および全重量の関係を両対数グラフの上にもとめ、個体群の生体量が密度比例である部分と、密度独立である部分との転移点を320匹附近にもとめ、この点において個体群あたりの生体量は最大となることから、これが大量飼育のための最適密度に相応すると結論している。北岡とおなじ考察の方法を、筆者の実験においてえた幼虫個体密度と蛹化個体数との関係に適用してみよう。第1図の2直線がそれで、126から283匹の間では、その直線の角係数は0.87となり、この数値から蛹個体数は大体密度に正比例しているとかんがえれば、この部分は密度比例の範囲内にあるといえる。そしてそれからさらに高密度の385から786匹の間においてえられた関係との交点からわたりだした数値は、おおよそ330匹の棲息密度で、さらに蛹化時における培养基の状態および蛹の長さの上からもとめた300匹をすこしくこえたあたりのそれと一致している。北岡のかんがえにしたがえば、この点が大量飼育の目的にもっともかなった幼虫密度といえよう。

摘 要

1. 実験用小型動物の固型飼料25gとぬか25gおよび水50ccからなる培养基を、直径9cm高さ5cmのシャーレにいれ、イエバエの幼虫を、126, 196, 283, 385, 502, 636および785匹の7段階にわけて、温度約27°C 関係湿度約50%の環境条件下で飼育し、えられた蛹の長さを測定、あわせて蛹化率を算定した。実験はひとつの幼虫密度について4回のくりかえしをおこなうbalanced incomplete blocksの実験計画のもとにこれをおこなった。

2. 蛹化時における培养基の状態は、幼虫の棲息密度が300匹をこえたあたりにおいて湿った部分がなくなり、それ以上の幼虫棲息密度においては完全にかきあがり、幼虫の発育にも蛹化にも適当なものではなくなる。

3. 蛹の長さは幼虫の棲息密度が126から785匹の範囲内では、正しい逆比例関係をしめし、300匹をすこしくこえたあたりからさらに高密度になると、蛹長の減少する割合は一段と急になった。前者は単なる密度効果のあらわれであると解釈され、後者はさらにこれに培养基乾燥の影響がくわったものとかがえられる。上記の飼育条件のもとでは、幼虫棲息密度はおおよそ300匹を限度として、その大量飼育はおこなわれるべきものとかがえられる。

4. 蛹化率は385匹区を境にして、高密度側におい

て急激に減じ、785匹において50%ちかくの数値をしめしたが、低密度側においては、その間の差には有意性が見出せなかった。

5. 幼虫個体数密度と蛹化個体数の関係を、両対数グラフの上にもとめ、北岡のいう密度比例の相から密度独立の相への転移点をもとめると、300匹をすこしこえた点となり、大量飼育のための最適密度となるが、これはさきに幼虫個体数を、おおよそ300匹を限度となすべきであるとした点と一致する。

文 献

- 1) Allee, W. C.: Animal aggregations, Univ. of Chicago Press (1931).
- 2) 北岡茂男: 衛生動物 8, 192 (1957).
- 3) 森 主一: 動物学雑誌 60, 106 (1951).
- 4) 長沢純夫: 防虫科学 21, 110 (1956).
- 5) 長沢純夫・岸野見知子: 防虫科学 24, 111 (1959).

Résumé

1. In the present paper, the effects of larval density of the common housefly, *Musca domestica vicina* Macquardt, to the body length of pupae and per cent pupation were discussed. A petri dish measuring 9 cm in diameter and 5 cm in height was used as the container for the rearing of larvae. For a container, 25 g of powdered compressed diet (biscuit for the rearing of mouse, rat, hamster, etc.), 25 g of rice-bran and 50 cc of water were kept. The population densities of larvae were selected in logarithmic scale of 126, 196, 283, 385, 502, 636 and 785. Four containers of each kind of population density were prepared and the experiment was conducted following an experimental design of balanced incomplete blocks under the environmental condition of ca 27° C and ca 50% relative humidity.

2. The best state of culture medium at the time when almost all larvae pupate was obtained in the container that about 300 individuals of

larvae were reared. At this density, the culture medium was used wholly by the larvae for their growing. In the densities over 300 individuals of larvae, the culture media were dried up wholly and broken into small pieces by the time when almost all larvae pupate and it brought the unsatisfactory results for the growing of larvae and their pupation.

3. In the range of population densities of larvae from 120 to 785 individuals, the body length of pupae was in inverse proportion to the population density of larvae. In the population densities over 300 individuals, rate of decrease in the body length of pupae became larger than that in the densities under 300 individuals. It is considered that the former decrease is due to the density effect and the latter decrease is due to the density effect plus effect of desiccation of culture medium. Under the rearing conditions mentioned above, for the rearing of many houseflies suitable for biological assay of insecticides, it is desirable to set limit of larval population density to 300 individuals.

4. In the higher side of population density of larvae than 385 individuals, the rate of decrease of per cent pupation was very large and the per cent pupation obtained in the density of 785 individuals was 50% or so. But the differences among percentages of pupation obtained in the lower side of population density of larvae than 385 individuals were not significant.

5. Intersecting point from the density proportional phase to the density independent phase was 300 individuals or a little more, and, according to Kitaoka's opinion, this point is considered to be the optimum density for mass culture. This point coincides with the density considered as the limit for mass culture from the view point of the final state of culture medium and body length of pupae.